اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال ۳۰، شمارهٔ ۱۱۸، تابستان ۱۴۰۱

DOI: 10.30490/AEAD.2022.317222.1113

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر فناوری‌های حفاظت آب و خاک بر مصرف آب، عملکرد گندم و فقر روستایی در حوضهٔ آبریز مند

حامد دهقانپور[۱]، منصور زیبایی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۳/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۱۲

چکیده

فناوری‌های حفاظت آب و خاک به‌عنوان یک گزینه برای ایجاد امنیت غذایی و کاهش فقر به‌گونه‌ای فزاینده در حال توسعه است. در مطالعه حاضر، به بررسی اثرات به‌کارگیری هم‌زمان فعالیت‌های حفاظت آب و خاک در سطح مزرعه در حوضه آبریز مند (در سال ۱۳۹۷) پرداخته و اثر این فناوری‌ها بر عملکرد محصول گندم، مصرف آب و فقر مطالعه شد؛ همچنین، برای رفع اریب ناشی از ناهمگنی غیرقابل مشاهده در تحلیل رگرسیون داده‌های مقطع عرضی، از مدل رگرسیون چرخشی درون‌زای چندجمله‌ای در چارچوب تحلیل جایگزین واقعیت استفاده شد. نتایج نشان داد که در هر

۱- نویسندهٔ مسئول و دانش آموختهٔ دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران (hdehghanpur@shirazu.ac.ir).

۲- استاد اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

هکتار کشت گندم، با به‌کارگیری فعالیت‌های حفاظت آب و خاک مطلوب به‌جای کشت متداول، مصرف آب و شکاف فقر، به‌ترتیب، معادل ۳۳۴۱ متر مکعب و ۳۷ درصد کاهش و عملکرد محصول ۲/۰۵ تن افزایش می‌یابد. از نتایج مطالعهٔ حاضر می‌توان در برنامه‌ریزی برای رفع موانع و توسعه به‌کارگیری فناوری‌های حفاظت آب و خاک سود جست.

کلیدواژه‌ها: *امنیت غذایی، تحلیل جایگزین واقعیت، رگرسیون چرخشی درون‌زای (ESR)، مند (حوضه آبریز).*

طبقه‌بندی JEL: Q25, O33, C24

مقدمه

اهمیت منابع آب و خاک در تولید محصولات مورد نیاز جوامع بشری به‌گونه‌ای است که باید برای حفاظت از آنها در سطح مزرعه، اقدامات لازم انجام شود. در پی کمیابی منابع آب که در شرایط خشکسالی و تغییر اقلیم اهمیت بیشتری یافته در کنار فرسایش خاک که مسئله‌ای چالش‌برنگیز است، اقدامات مرتبط با حفاظت از منابع آب و خاک از اهمیت زیادی برخوردار شده است (Jara-Rojas et al. 2013; Engler et al., 2016). فعالیت کشاورزی می‌تواند کیفیت خاک را به‌ویژه از طریق خاک‌ورزی متداول کاهش دهد، که به زیست‌بوم طبیعی خاک آسیب می‌رساند (Pisante, 2002). شاخص کلیدی کیفیت خاک میزان فضای منافذ خالی و اندازه توزیع آنها، ظرفیت نگهداری آب و رطوبت خاک است، که هرچه کیفیت خاک کمتر شود، موجب افزایش رواناب و نفوذ ضعیف آب می‌شود (Nael et al., 2004). با وجود تأثیرات اقتصادی فرسایش خاک در مقیاس جهانی، برآورد شدت آن دشوار است (Lal and Follett, 2009). مطالعات نشان می‌دهد که هشتاد درصد از اراضی کشاورزی در سطح جهان دارای نشانه‌هایی از سطوح متوسط فرسایش خاک هستند. در ایران نیز علی‌رغم اینکه در زمینه خاک محدودیت جدی مشاعذه نمی‌شود (چنان‌که اراضی کشاورزی بیشتر از منابع آب است)، ممکن است تداوم سرعت فرسایش خاک در آینده‌ای نزدیک کشور را با کمبود خاک مناسب مواجه کند.

از مهم‌ترین فناوری‌های حفاظت آب و خاک با تأکید بر توسعه پایدار می‌توان به فناوری‌هایی از این دست اشاره کرد: اصلاح الگوی کشت محصولات زراعی، پوشش انهار، تسطیح اراضی، تبدیل آبیاری سنتی به سامانه‌های آبیاری تحت فشار، راهبردهای مناسب آبیاری و به‌کارگیری روش‌های نوین آبیاری (آبیاری نواری و کشت زیر پلاستیک)، راهبرد کم‌آبیاری، انتخاب ارقام پرمحصول و با کارآیی مصرف آب بالا و ترویج کشت آنها، اصلاح ژنتیکی گیاهان با استفاده از شیوه‌های جدید (زیست‌فناوری) و تولید ارقام با کارآیی مصرف آب بالا، ارقام مقاوم به شوری، خشکی، بررسی و تحقیق درباره آرایش کاشت گیاهان زراعی مختلف، استفاده و ترویج مدیریت تلفیقی آب آبیاری و کودهای شیمیایی، کاشت زودهنگام گیاهان به‌منظور فرار از خشکی و تنش، گسترش کشت ارقام با طول دوره رشد کوتاه و رشد اولیه سریع، تعیین ابعاد مناسب مزرعه به‌منظور بهبود راندمان آبیاری، تعیین تراکم بوته مطلوب در هکتار، افزایش راندمان آبیاری و یکپارچه‌سازی اراضی، کشت گلخانه‌ای، رعایت آیش و اصول مدیریت بهینه منابع آبی و خاکی، عملیات بدون خاک‌ورزی[1]، خاک‌ورزی حفاظتی[2] و حداقل خاک‌ورزی[3].

در بسیاری از کشورها، حفاظت از آب در دوره‌های کمبود آب اغلب بر خانواده‌ها و کشاورزان تحمیل می‌شود. برای نمونه، می‌توان به مواردی در استرالیا (Pannell et al., 2000; Cary, 2008; Dolnicar and Hurlimann, 2010)، آمریکا (Pirie et al., 2004)، یونان (Jones et al., 2011)، بریتانیا (Gilg and Barr, 2006) و یا در مصر (Luzi et al., 2008) اشاره کرد. در سطح چارچوب‌های مفهومی مختلف، حفاظت از منابع آب و سیاست‌های پیشنهادی مربوط را می‌توان در مطالعات مختلف یافت (Sabatier et al., 2005; Pearce, 2007; Jorgensen et al., 2009; Blackstock et al., 2010).فناوری‌های حفاظت خاک شامل حداقل اختلال خاک (بدون خاک‌ورزی و کشت مستقیم)، مدیریت پوشش گیاهی، استفاده از بقایای محصول و

1. no-tillage
2. conservation tillage
3. minimum tillage

رعایت تناوب زراعی است، که منجر به حفظ مواد آلی خاک[1] می‌شوند (Wright and Hons, 2004; Thierfelder and Wall, 2010). نقش فناوری‌های حفاظت آب و خاک در کاهش نفوذ آلاینده‌ها به آب‌های سطحی و زیرزمینی به‌خوبی شناخته شده است (Logan, 1993; Owens et al., 2002). در مناطق کم‌بارش، فناوری‌های حفاظت آب و خاک به حفظ آب در لایه‌های بالایی خاک کمک می‌کند (Carter and Steed, 1992). فناوری‌های حفاظت آب و خاک به‌عنوان یک گزینه برای ایجاد امنیت غذایی به‌گونه‌ای فزاینده توسعه بافته‌اند (Govaert et al., 2009; FAOSTAT, 2016). کاهش حاصل‌خیزی خاک، تغییرات آب‌وهوایی، هزینه‌های بالای تولید و عدم حمایت از منابع درآمد کشاورزان، از دیدگاه برنامه محیط زیست ملل متحد[2]، همه به‌عنوان مشکلات بحرانی و به‌گونه‌ای گسترده به‌عنوان عوامل اصلی کاهش بهره‌وری کشاورزی و افزایش فقر در مناطق روستایی شناخته شده‌اند. در این میان، شیوه‌های کشاورزی مرسوم (سنتی) منجر به تشدید این مشکلات شده است.

تأثیر فناوری‌های حفاظت آب و خاک بر معیشت و امنیت غذایی کشاورزان خرده‌پا تا حد زیادی اثبات شده است. نتایج ارزیابی فناوری‌های حفاظت آب و خاک در سراسر جهان نشان‌دهندهٔ تأثیری است که فناوری‌های حفاظت آب و خاک بر امنیت غذایی در سطح خانوار و روستا دارد. بدین منظور، اصول فناوری‌های حفاظت آب و خاک را می‌توان آموخت و عملیات فناوری‌های حفاظت آب و خاک را بین کشاورزان منطقه منتشر کرد و از این رهگذر، زمینه‌های کاهش فقر در سطح جامعه، افزایش امنیت غذایی و افزایش انعطاف‌پذیری در مقابل تکانه‌های بیرونی را فراهم ساخت (Wagstaff and Harty, 2010). مطالعات مختلف در کشورهای در حال توسعه نشان می‌دهد که بهبود شرایط بخش کشاورزی رابطه مستقیم با بهبود وضع اقتصادی خانوارهای روستایی دارد. همچنین، پذیرش فناوری‌های حفاظت آب و خاک در کشورهای در حال

1. Soil Organic Matter (SOM)
2. United Nations Environment Programme (UNEP)

توسعه موجب افزایش بهره‌وری کشاورزی و کاهش فقر خانوارها می‌شود (Khonje et al., 2015; Minot and Dewina, 2015; Zeng et al., 2015; Abdulai, 2016).

همچنین، بر پایهٔ یافته‌های برخی از پژوهش‌ها (Abdulai and Huffman, 2005, Abdulai and Huffman, 2014; Abdulai, 2016)، پذیرش فناوری‌های حفاظت آب و خاک مقدار و بازده محصول را افزایش می‌دهد و باعث کاهش فقر خانوار می‌شود. بنا به تعریف سازمان خواربار و کشاورزی سازمان ملل متحد، فناوری‌های حفاظت آب و خاک عبارت است از یک روش برای صرفه‌جویی منابع در تولید محصولات کشاورزی و تلاش برای رسیدن به بهره‌وری پایدار و سود قابل قبول و همچنین، حفاظت از محیط زیست طبیعی. برای کشاورزان فقیر، با برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت و اتخاذ فناوری‌های حفاظت آب و خاک، منافع ملموس و فوری بیشتری نسبت به توان بهره‌وری بلندمدت و مزایای زیست‌محیطی ایجاد می‌شود (Corbeels, De Graaff et al., 2014). از این‌رو، بررسی پذیرش و تأثیر فناوری‌های حفاظت آب و خاک بر شاخص‌های ملموس رفاه خانوارها مانند تولید مزرعه (عملکرد) و فقر خانوارها حائز اهمیت است. با توجه به مطالعات انجام‌شده در این زمینه، مشخص شده است که برآورد تأثیر یک متغیر مجازی بر فقر و امنیت غذایی نسبت به بقیه روش‌ها برتری بیشتری دارد (Minot and Dewina, 2015; Abdulai, 2016; Kpadonou et al., 2017).

حفاظت آب و خاک دو مسئله مهم است که بیشترین دغدغه را برای سیاست‌گذاران ایجاد کرده و دو موضوع کاملاً با هم مرتبط‌اند. مطالعات اندکی حفاظت آب و خاک را به‌طور هم‌زمان مورد بررسی قرار داده و بیشتر مطالعات صورت‌گرفته به‌طور جداگانه، بدان پرداخته‌اند، در حالی که پذیرش حفاظت آب تأثیر مثبت بر پذیرش حفاظت خاک می‌گذارد و برعکس؛ و در نظر گرفتن هر کدام به‌طور مجزا منجر به خطا می‌شود (Engler et al., 2016).

حوضه آبریز مُند از جمله زیرحوضه‌های حوضه آبی خلیج فارس است، که با مساحت ۴۷۶۵۳ کیلومتر مربع، بزرگ‌ترین حوضه آبریز استان فارس به‌شمار می‌رود. این حوضه آبریز از لحاظ زمین‌ریخت‌شناختی (ژئومورفولوژی)، حمل رسوبات به خلیج فارس و همچنین، از

جنبه‌های اقتصادی و کشاورزی در جنوب کشور دارای اهمیت ویژه است. سطح آب زیرزمینی در دشت‌های این حوضه آبریز دارای افت سالانه قابل ملاحظه است. بررسی‌های اقلیمی نشان‌دهنده گسترش دوره‌های خشکسالی در چند سال اخیر بوده که از دلایل عمده کاهش سطح آب سفره‌های آبرفتی است. علاوه برآن، افزایش چشمگیر حفاری چاه و استخراج آب‌های زیرزمینی به‌دلایل خشکسالی، توسعه کشاورزی و افزایش نیاز مصرف آب در بخش‌های مختلف شرب و صنعت سبب پایین آمدن بیشتر سطح آب سفره‌های آبرفتی شده است. بنابراین، باید در راستای ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا اقدامات اثربخشی صورت گیرد که یکی از این اقدامات حفاظت آب و خاک و افزایش بهره‌وری منابع آب و خاک است. پذیرش فناوری حفاظت آب و خاک می‌تواند موجب کاهش مصرف آب کشاورزی شود. هدف مطالعهٔ حاضر بررسی وضعیت به‌کارگیری فناوری حفاظت آب و خاک در سطح مزارع حوضه آبریز مُند در استان فارس و همچنین، تأثیر فناوری حفاظت آب و خاک بر مصرف آب، عملکرد محصول گندم و نیز فقر روستایی است.

بنابراین، مطالعه حاضر به‌دنبال بررسی به‌کارگیری هم‌زمان فعالیت‌های حفاظت آب و خاک در سطح مزرعه در یکی از حوضه‌های آبریز نسبتاً وسیع استان فارس (حوضه آبریز مند) و همچنین، به بررسی اثر این فناوری‌ها بر عملکرد محصول گندم (به‌عنوان شاخصی از امنیت غذایی) (Wildemeersch et al., 2013; Abdulai, 2016)، مصرف آب و فقر بپردازد.

روش تحقیق

راهکارهایی به‌منظور جلوگیری و کاهش فرسایش و تخریب خاک و هدرروی آب برای حفاظت از آب و خاک پیشنهاد شده که مشتمل بر کاهش خاک‌ورزی، خاک‌ورزی حفاظتی، رعایت تناوب زراعی، استفاده از کمپوست و ورمی‌کمپوست، رعایت آیش‌گذاری، حذف علف‌های هرز کانال‌ها و سامانه‌های آبیاری تحت فشار است (Jara-Rojas et al., 2013). با توجه به مطالعات انجام‌شده در داخل و خارج کشور، معیارهایی برای بررسی

حفاظت منابع آب و خاک در سطح مزرعه تعیین شده، که در جدول ۱ تشریح شده است؛ در مورد هر کدام از این معیارها اطلاعات لازم جمع‌آوری‌شده است تا وضعیت مزرعه نمونه از نظر حفاظت منابع آب و خاک تعیین شود. در مرحله بعد، با استفاده از روش سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) وزن هر کدام از اقدامات حفاظت منابع آب و خاک در حفاظت منابع آب و خاک تعیین شد. سپس، با استفاده از وزن‌های به‌دست‌آمده، اولویت‌بندی اقدامات حفاظت آب و خاک صورت گرفت.

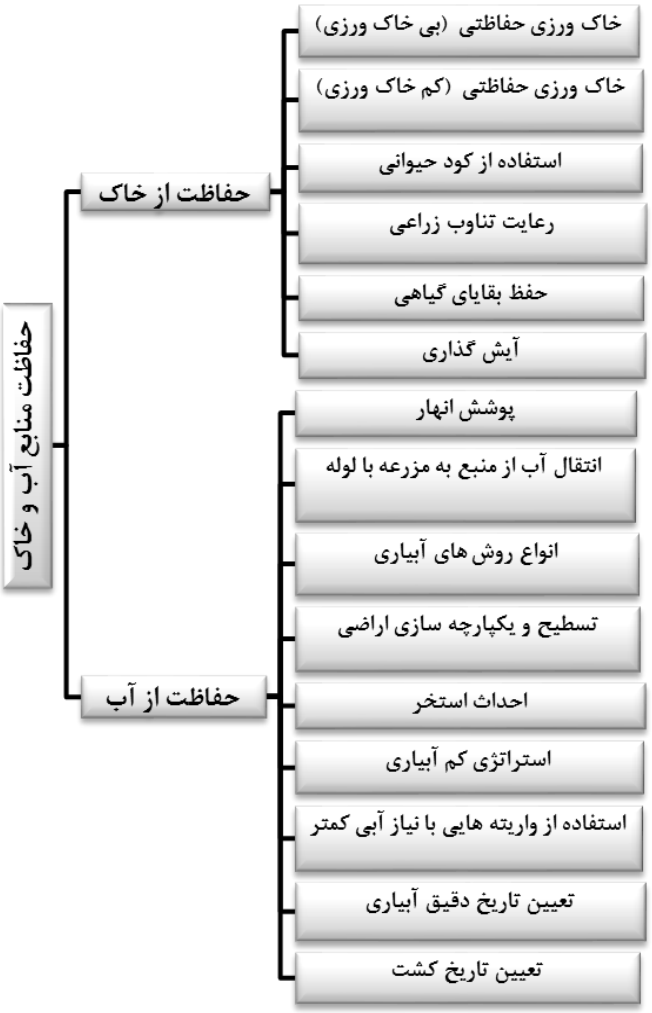
جدول ۱- اقدامات حفاظت از منابع آب و خاک

اقدامات حفاظت از منابع آب	اقدامات حفاظت از منابع خاک
پوشش انهار	خاک‌ورزی حفاظتی (بی‌خاک‌ورزی)
انتقال آب از منبع به مزرعه با لوله	خاک‌ورزی حفاظتی (کم‌خاک‌ورزی)
انواع روش‌های آبیاری	استفاده از کود حیوانی
تسطیح و یکپارچه‌سازی اراضی	رعایت تناوب زراعی
احداث استخر	حفظ بقایای گیاهی
راهبرد کم‌آبیاری	آیش‌گذاری
کشت محصولات با نیاز آبی پایین	
تعیین تاریخ دقیق آبیاری	
تعیین تاریخ دقیق کشت	

ماخذ: یافته‌های پژوهش

برای بررسی تأثیر فناوری‌های حفاظت آب و خاک بر مصرف آب، عملکرد محصول گندم و فقر روستایی، ابتدا اولویت‌بندی اقدامات، از نظر حفاظت منابع آب و خاک، با استفاده از دیدگاه کارشناسان متخصص و آشنا با اقدامات و فناوری‌های حفاظت آب و خاک (جهاد کشاورزی منطقه مورد نظر، دانشکده کشاورزی و مراکز تحقیقات کشاورزی منطقه مورد مطالعه) ارزیابی شد. اولویت‌بندی فناوری‌های حفاظت آب و خاک در حفاظت از منابع آب و خاک

باعث شناخت بهتر از سطح اقدامات حفاظت آب و خاک مزارع و منطقه مورد مطالعه می‌شود و همچنین، سیاستمداران و برنامه‌ریزان را در مدیریت و برنامه‌ریزی در راستای توسعه فناوری‌های حفاظت آب و خاک کمک خواهد کرد.



شکل ۱- ساختار سلسله‌مراتبی ارزیابی راهبرد برای اولویت‌بندی فناوری‌های حفاظت آب و خاک

اولین مرحله در یک مسئله تصمیم‌گیری، تعیین ساختار سلسله‌مراتبی است. در این روش، هدف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها در یک ساختار سلسله‌مراتبی شبیه یک درخت تنظیم میشوند. ساختار سلسله‌مراتبی در مطالعهٔ حاضر شامل سه سطح هدف، معیارها و گزینه‌ها (راهبردها) بوده، که در شکل ۱ نشان داده شده است. برای اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارها، وزن یا اهمیت هر کدام از فناوری‌های حفاظت آب و خاک از منظر حفاظت از منابع آب و خاک استخراج شده است. بدین منظور، ابتدا پرسشنامه‌هایی برای استخراج ماتریس مقایسه زوجی انواع فناوری‌های حفاظت آب و خاک از ده کارشناس آب و خاک با شناخت کافی نسبت به آنها تکمیل شد. سپس، نظرات زبانی کارشناسان به مقیاس اعداد فازی تبدیل و میانگین هندسی نظرات کارشناسان محاسبه و ماتریس مقایسه زوجی تجمیع‌شده به‌دست آمد. در پایان، وزن یا اهمیت نهایی هر فناوری با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی مقداری محاسبه شد.

چون معمولاً در استفاده از داده‌های مقطع عرضی[1] در تحلیل رگرسیون با اریب ناشی از ناهمگنی غیرقابل مشاهده روبه‌رو می‌شویم، در مطالعه حاضر، به‌منظور برآورد اثر فناوری‌های حفاظت آب و خاک بر عملکرد، میزان آب مصرفی و شکاف فقر، از مدل رگرسیون چرخشی درون‌زای چندجمله‌ای در چارچوب تجزیه‌وتحلیل جایگزین واقعیت[2] استفاده شد. بر این اساس، در ادامه، ابتدا معادله انتخاب[3] و سپس، معادلات تیمار[4] و در نهایت، تجزیه‌وتحلیل جایگزین واقعیت توضیح داده می‌شود (Kassie et al., 2015; Danso-Abbeam and Baiyegunhi, 2018).

تأثیر فناوری‌های حفاظت آب و خاک در مزرعه بر رفاه خانوارها می‌تواند چارچوب یک مدل بهینه‌سازی باشد. بدین منظور، پذیرش (C) یا عدم پذیرش (N) فناوری حفاظت آب

1. cross-sectional data
2. counterfactual analysis
3. selection equations
4. treatment equations

و خاک (kامین فناوری) توسط کشاورز iام، به‌ترتیب، با C_{iCk} و C_{iNk} نشان داده می‌شود. همچنین، رفاه خالص کشاورز که غیرقابل مشاهده است، با $C_{ik}^{*} = C_{iCk} - C_{iNk}$ مشخص می‌شود. رفاه خالص پذیرش فناوری‌های حفاظت آب و خاک را می‌توان با یک بردار متغیرهای توضیحی خانوار در چارچوب یک متغیر پنهان به‌صورت زیر بیان کرد:

$$C_{ik}^{*} = X_i'\alpha_k + \varepsilon_i, \qquad C_{ik} = 1 \ldots . k[C_{ik}^{*} > 0] \tag{۱}$$

که در رابطه (۱)، C_{ik} یک متغیر باینری صفر و یک است، یک برای کشاورزانی که فناوری‌های حفاظت آب و خاک k ام را پذیرفته‌اند و صفر برای کشاورزانی است که فناوری‌های حفاظت آب و خاک را نپذیرفته‌اند؛ متغیر X شامل تمام عوامل مؤثر قابل مشاهده بر تصمیم به پذیرش فناوری‌های حفاظت آب و خاک مانند مشخصات خانوارها و مزرعه است؛ همچنین، متغیر α_k بردار پارامترهای تخمینی و ε جزء خطاست. احتمال پذیرش به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$\Pr(C = 1) = \Pr(C_i^{*} > 0) = \Pr(\varepsilon_i > -\alpha' X_i) = 1 - F(-\alpha' X_i) \tag{۲}$$

که در آن، F تابع توزیع تجمعی برای ε است؛ و با فرض اینکه یک توزیع نرمال است، از مدل پروبیت استفاده می‌شود. از آنجا که خانوار روستایی بازده (رفاه) خود از تولید محصول را حداکثر می‌کند، تصمیم به پذیرش با توجه به تقاضای نهاده و عرضه محصول به‌صورت زیر بیان می‌شود.

$$\pi_{max} = [PQ(V,Z) - MV] \tag{۳}$$

که در آن، متغیر P قیمت محصول، Q سطوح انتظاری محصول، V بردار نهاده‌ها، Z بردار ویژگی‌های خانوار، M بردار قیمت نهاده‌های مصرفی است. از رابطه (۳) بازده خالص به‌عنوان

تابعی از نهاده‌های متغیر، قیمت محصول، ویژگی‌های خانوار و پذیرش فناوری‌های حفاظت آب و خاک بیان می‌شود:

$$\pi = \pi(M, P, C, Z) \qquad (۴)$$

اجرای مستقیم هوتلینگ لما[1] بر رابطه (۳) ($\partial\pi(P,V)/\partial P_i$) عملکرد فرم تقلیل‌یافته تابع عرضه محصول از وضعیت مرتبه اول به‌صورت زیر است:

$$Q = Q(M, P, C, Z) \qquad (۵)$$

توابع (۴) و (۵) نشان می‌دهد که رفاه خانوار روستایی به قیمت نهاده و محصول، تصمیم به پذیرش فناوری‌های حفاظت آب و خاک، و بردار ویژگی‌های خانوار وابسته است.

از آنجا که بردار محصول تابع خطی از بردار ویژگی‌های مزرعه و خانوار است، متغیر محصول به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$Y_i = Z_i'\beta + C_{ik}\gamma + \mu_i, \qquad C_{ik} = 1[C_{ik}^* > 0] \qquad (۶)$$

که در آن، Z_i بردار ویژگی‌های مزرعه و خانوار (مانند مقدار زمین، سن، تحصیلات، کیفیت خاک و قیمت نهاده‌های کشاورزی و...)، C_{ik} شاخص وضعیت پذیرش فناوری‌های حفاظت آب و خاک خانوار، μ_i جزء خطای تصادفی و β و γ بردار پارامترهای تخمینی است.

اریب انتخاب بالقوه که در آن، عوامل اعلام‌نشده μ در خروجی رابطه (۶)، مؤثر بر ε در رابطه منتخب (۱) است. ضریب همبستگی اجزای خطا، $\rho = corr(\varepsilon, u) \neq 0$، مخالف صفر است؛ از این‌رو، حداقل مربعات معمولی[2] منجر به تخمین اریب عملکرد می‌شود. در تنظیم

1. Hoteling's Lemma
2. Ordinary Least Squares (OLS)

آزمایشی کنترل تصادفی، این مشکل اریب انتخاب توسط افراد به‌صورت تصادفی به گروه درمان (پذیرندگان) و کنترل (نپذیرندگان) اختصاص دارد، به‌گونه‌ای که تنها عوامل تمایز میان پذیرندگان و نپذیرندگان این فرضیه است (Asfaw et al., 2012).

در یک وضعیت تجربی غیرتصادفی مانند پذیرش فناوری‌های حفاظت آب و خاک، پذیرش تصادفی نیست و اریب انتخاب ممکن است رخ دهد (Nkala et al., 2011). برآورد هم‌زمان عوامل و تأثیر پذیرش، محاسبه برای هر دو عامل قابل مشاهده و غیرقابل مشاهده در شیوه‌ای کارآمد، مدل توسعه‌یافته رگرسیون چرخشی درون‌زا[1] است (Lokshin and Sajaia, 2004).

مدل رگرسیون چرخشی درون‌زا یک روش برآورد دومرحله‌ای به‌طور هم‌زمان است: مرحله اول شامل برآورد معادله انتخاب رابطه (۱) به‌منظور تعیین عوامل مؤثر بر پذیرش است؛ و در مرحله دوم، عوامل مؤثر بر متغیرهای هدف در قالب معادلاتی که معادلات رژیم یا معادلات تیمار گفته می‌شوند، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مطالعهٔ حاضر، راهبرد کشت متداول به‌عنوان راهبرد پایه j=۱ انتخاب شد و بقیه راهبردها (۴، ۳، ۲=j) در مقایسه با این راهبرد مورد بررسی قرار گرفتند. تابع تیمار برای راهبردهای مختلف به‌صورت روابط (۷) تعریف شده است:

$$\begin{cases} \text{regime 1: } Y_{i1} = X_i\beta_1 + \varepsilon_{i1} & \text{if } j = 1 \\ \text{regime k: } Y_{ik} = X_i\beta_k + \varepsilon_{ik} & \text{if } j = k \end{cases} \qquad (۷)$$

در این روابط، Y_{ij} متغیرهای وابسته (عملکرد، شکاف فقر و آب مصرفی) در رژیم‌های مختلف و X_i برداری از متغیرهای مستقل است، متغیرهایی که در این بردار وجود دارند، باید در بردار Z_i هم وجود داشته باشند؛ اما Z_i باید حداقل دارای یک متغیر بیشتر باشد. این متغیر ابزاری اضافه که فرآیند تشخیص و تخمین را امکان‌پذیر می‌سازد، در تخمین حاضر، عبارت از درک خانوار از فناوری‌های حفاظت آب و خاک است.

1. Endogenous Switching Regression (ESR)

اگر جمله پسماند معادله انتخاب یعنی، δ_i با جملات پسماند معادلات رژیم ε_{ik} همبسته باشد، ارزش انتظاری ε_{ik} در نمونه غیرصفر خواهد شد و در نتیجه، تخمین‌های حداقل مربعات βها ناسازگار خواهند بود. برای اصلاح این ناسازگاری بالقوه، می‌توان از مدل یا روش بورگویگنون و همکاران (Bourguignon et al., 2007) بهره گرفت که در آن، از همبستگی میان جمله پسماند معادله انتخاب و معادلات رژیم استفاده می‌شود. آنها نشان دادند که تخمین‌های سازگار β در معادلات تیماری یا رژیم را می‌توان از طریق رابطه (۸) به‌دست آورد (که بدان مدل رگرسیون سویچینگ درون‌زای چندجمله‌ای می‌گویند):

$$\begin{cases} \text{regime 1: } Y_{i1} = X_i\beta_1 + \sigma_1\lambda_1 + \varphi_{i1} & \text{if } j = 1 \\ \text{regime k: } Y_{ik} = X_i\beta_k + \sigma_k\lambda_k + \varphi_{ik} & \text{if } j = k \end{cases} \qquad (۸)$$

این رهیافت می‌تواند مسئله ناهمگنی غیرقابل مشاهده را حداقل سازد که در آن، σ کوواریانس بین جملات پسماند δ و ε بوده و λ معکوس نسبت میلز[1] به‌صورت رابطه (۹) محاسبه شده است:

$$\lambda_k = \sum_{m\neq k}^{K} \rho_k \left[\frac{\hat{P}_{im} \ln(\hat{P}_{im})}{1-\hat{P}_{im}} + \ln(\hat{P}_{ik}) \right] \qquad (۹)$$

که در آن، ρ_k نشانگر ضرایب همبستگی بین معادلات انتخاب و تیماری است. در گام بعد، به بررسی انتظارات شرطی[2]، اثرات تیماری و ناهمگنی[3] پرداخته شده است.

مدل رگرسیون سویچینگ درون‌زای چندجمله‌ای پیش‌گفته را می‌توان برای محاسبه اثر متوسط تیمار بر گروهی که این راهبرد را اتخاذ کرده‌اند (ATT[4]) و گروهی که آن را اتخاذ

1. Mills ratio
2. conditional expectations
3. treatment and heterogeneity effects
4. Average Treatment effect on the Treated (ATT)

نکرده‌اند (ATU[1])، به‌کار برد (Heckman et al., 2001; Kassie et al., 2015; Di Falco and Veronesi, 2018). بدین ترتیب، به پیروی از مطالعات شیفراو و هولدن (Shiferaw and Holden, 1998) و دی فالکو و ورونسی (Di Falco and Veronesi, 2018)، انتظارات شرطی در سناریوهای مشاهده‌شده و جایگزین واقعیت به‌صورت روابط (۱۰) تا (۱۳) است:

انتظارات واقعی مشاهده‌شده در نمونه:

$$\begin{cases} E(Y_{i2}|j=2) = X_{2i}\beta_2 + \sigma_2\lambda_2 \\ \vdots \\ E(Y_{ik}|j=k) = X_{ki}\beta_k + \sigma_k\lambda_k \end{cases} \quad (۱۰)$$

$$\begin{cases} E(Y_{i1}|j=1) = X_{1i}\beta_1 + \sigma_1\lambda_1 \\ \vdots \\ E(Y_{i3}|j=3) = X_{3i}\beta_3 + \sigma_3\lambda_3 \end{cases} \quad (۱۱)$$

انتظارات جایگزین واقعیت (مشاهده‌نشده در نمونه):

$$\begin{cases} E(Y_{i1}|j=2) = X_{2i}\beta_1 + \sigma_1\lambda_2 \\ \vdots \\ E(Y_{i1}|j=k) = X_{ki}\beta_1 + \sigma_1\lambda_k \end{cases} \quad (۱۲)$$

$$\begin{cases} E(Y_{i2}|j=1) = X_{1i}\beta_2 + \sigma_2\lambda_1 \\ \vdots \\ E(Y_{i2}|j=3) = X_{3i}\beta_2 + \sigma_2\lambda_3 \end{cases} \quad (۱۳)$$

که روابط (۱۰) و (۱۱) نشان‌دهندهٔ انتظارات واقعی مشاهده‌شده در نمونه و روابط (۱۲) و (۱۳) نشان‌دهندهٔ ارزش انتظاری جایگزین واقعیت است. در این حالت، میانگین اثر تیمار بر

1. Average Treatment effect on the Untreated (ATU)

کشاورزانی که راهبرد را پذیرفته‌اند (ATT)، از تفاوت روابط (۱۰) و (۱۲) به‌صورت رابطه (۱۴) محاسبه می‌شود:

$$ATT= E(Y_{i2}|j=2) - E(Y_{i1}|j=2) = X_{2i}(\beta_2 - \beta_1) + \lambda_2(\sigma_2 - \sigma_1) \quad (۱۴)$$

به‌طور مشابه، متوسط اثر تیمار بر کشاورزانی که راهبرد اقدامات حفاظت آب و خاک مورد نظر را اتخاذ نکرده‌اند (ATU)، از تفاوت روابط (۱۱) و (۱۳) به‌صورت رابطه (۱۵) محاسبه می‌شود:

$$ATU= E(Y_{i1}|j=1) - E(Y_{i2}|j=1) = X_{1i}(\beta_2 - \beta_1) + \lambda_1(\sigma_2 - \sigma_1) \quad (۱۵)$$

در روابط (۱۴) و (۱۵)، اولین جمله سمت راست معادله نشانگر متوسط انتظارات متغیر وابسته برای پذیرندگان است، البته اگر دارای ویژگی‌هایی مشابه با گروهی باشند که راهبرد اقدامات حفاظت آب و خاک را اتخاذ نکرده‌اند. اثرات بالقوه برای تفاوت متغیرهای غیرقابل مشاهده از طریق جمله دوم سمت راست محاسبه شده است.

در نهایت، اثرات ناهمگنی برای پذیرندگان راهبرد از تفاوت روابط (۱۲) و (۱۵) به‌صورت رابطه (۱۶) و برای گروهی که راهبرد اقدامات حفاظت آب و خاک را اتخاذ نکرده‌اند، از تفاوت روابط (۱۳) و (۱۴) به‌صورت رابطه (۱۷) محاسبه می‌شود:

$$H_1 = E(Y_{i2}|j=2) - E(Y_{i2}|j=1) = \beta_2(x_{2i} - x_{1i}) + \sigma_2(\lambda_2 - \lambda_1) \quad (۱۶)$$

$$H_2 = E(Y_{i1}|j=1) - E(Y_{i1}|j=2) = \beta_1(x_{1i} - x_{2i}) + \sigma_1(\lambda_1 - \lambda_2) \quad (۱۷)$$

برای اجرای مدل رگرسیون سویچینگ درون‌زای چندجمله‌ای، از بسته نرم‌افزاری Stata 15 استفاده شده است.

لازم به ذکر است که پذیرش فناوری می‌تواند بر درآمد خانوار تأثیرگذار باشد و با توجه به اینکه کشاورزان ممکن است منابع درآمدی به‌جز کشاورزی داشته باشند، درآمد سرانه خانوار به‌عنوان یک معیار برای اندازه‌گیری وضعیت فقر خانوارهای منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته می‌شود؛ همچنین، از آنجا که نابرابری بین هزینه‌های خانوار وجود دارد، از خط فقر و معیارهای فقر فوستر و همکاران (Foster et al., 1984) برای بررسی وضعیت فقر خانوارهای روستایی استفاده شده، که به‌صورت زیر است:

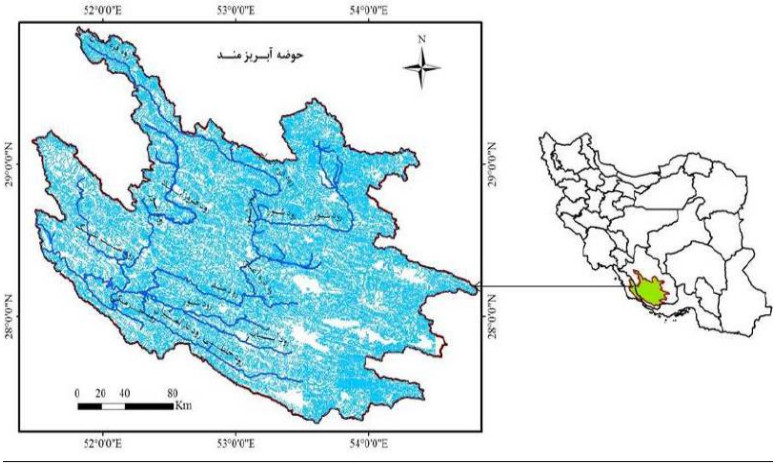
$$p_n = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{P}\left(\frac{L-K_i}{L}\right)^s \qquad (۱۸)$$

با توجه به رابطه (۱۸)، p_n شاخص فقر، N کل نمونه، p تعداد خانواده‌های فقیر، L خط فقر، K_i درآمد سرانه خانوار و S مقیاس فقر است. شاخص سرشمار فقر خانواده‌های فقیر و غیرفقیر را نشان می‌دهد و فقیرتر بودن خانواده‌های زیر خط فقر را نشان نمی‌دهد؛ بنابراین، برای اندازه‌گیری میزان فقر خانواده‌ها، از شاخص شکاف فقر استفاده شده است. شاخص شکاف فقر نشان می‌دهد که درآمد متوسط خانوار تا چه اندازه پایین‌تر از خط فقر است؛ در واقع، شاخص شکاف فقر به‌عنوان درصدی از خط فقر بیان شده است. برای محاسبه شاخص شکاف فقر نیز S مقدار یک اختیار می‌کند (Dercon et al., 2009; De la Fuente et al., 2015).

اطلاعات مورد استفاده از طریق مصاحبه حضوری و تکمیل ۳۱۱ پرسشنامه از کشاورزان منطقه مورد بررسی جمع‌آوری شد. متغیرها و اطلاعات جمع‌آوری‌شده شامل اطلاعات و داده‌های کشاورزی، اقتصادی و اجتماعی کشاورزان حوضه آبریز مند است.

حوضه آبریز مند در جنوب و جنوب غرب کشور در مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۲۷ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی واقع شده است و مساحت آن ۴۷۶۵۳ کیلومتر مربع است (شکل ۲). این حوضه در ساحل شمالی و در دامنه بلندی‌های شمال خلیج فارس گسترده شده است. حدود ۶۶ درصد

از این حوضه را ناحیه کوهستانی و ۳۴ درصد آن را دشت‌ها تشکیل می‌دهند و از چهار زیرحوضه تشکیل می‌شود، که عبارت‌اند از: ۱- قره‌آغاج، ۲- شور و جهرم، ۳- رودخانه شوردهرم و ۴- مند میانی و پایاب.



شکل ۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه

در مجموع، تعداد ۳۱۱ خانوار نمونه در مرحلهٔ چهارم روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای تعیین شده و از آنها به‌صورت حضوری پرسشنامه‌ها تکمیل شده است.

نتایج و بحث

برای بررسی تأثیر فناوری‌های حفاظت آب و خاک بر مصرف آب، عملکرد محصول گندم و فقر روستایی، ابتدا اولویت‌بندی اقدامات، از نظر حفاظت منابع آب و خاک، با استفاده از دیدگاه کارشناسان ارزیابی شد. برای اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارها، وزن یا اهمیت هر کدام از فناوری‌های حفاظت آب و خاک از منظر حفاظت منابع آب و خاک استخراج شده و سپس، نظرات زبانی کارشناسان به مقیاس اعداد فازی تبدیل و میانگین هندسی نظرات کارشناسان محاسبه شده و ماتریس مقایسه زوجی تجمیع‌شده به‌دست آمده است. در پایان، وزن

یا اهمیت نهایی هر فناوری با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی مقداری محاسبه و نتایج آن در جدول ۳ آمده است. نرخ ناسازگاری برای حدود بالا و پایین (CR^m) و حدود میانی (CR^m)، به‌ترتیب، ۰/۰۷۰ و ۰/۰۳۹ محاسبه شده و بنابراین، به‌دلیل کمتر از ۰/۱ بودن این نرخ، ناسازگاری پاسخ‌های کارشناسان قابل قبول است و وزن‌های محاسبه‌شده با بهره‌گیری از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی می‌تواند برای تحلیل اولویت‌بندی اقدامات استفاده شود. نتایج نشان داد که تعیین تاریخ دقیق آبیاری، کشت محصولات با نیاز آبی پایین، حفظ بقایای گیاهی و انواع روش‌های آبیاری، به‌ترتیب، بیشترین وزن یا اهمیت را دارند. استفاده از کود حیوانی، تسطیح و یکپارچه‌سازی اراضی و رعایت تناوب زراعی نیز به‌ترتیب، از کمترین وزن یا اهمیت برخوردارند.

پس از محاسبه وزن اقدامات حفاظت آب و خاک در حفاظت منابع آب و خاک، باید با بهره‌گیری از همین وزن‌ها، سطح هر مزرعه در استفاده از این فناوری‌ها مشخص شود. برای مزارع نمونه برخوردار از حفاظت آب و خاک ضعیف (انجام اقدامات با مجموع وزن بین ۰/۲ تا ۰/۴)، متوسط (انجام اقدامات با مجموع وزن بین ۰/۴ تا ۰/۶) و مطلوب (انجام اقدامات با مجموع وزن ۰/۶ به بالا)، برای متغیر مجازی مربوط یعنی، پرداختن به حفاظت آب و خاک، به‌ترتیب، ارزش دو، سه و چهار منظور شده است. در مطالعهٔ حاضر، راهبرد کشت متداول به‌عنوان راهبرد پایه (j=1) انتخاب شده و بقیه راهبردها با عناوین حفاظت آب و خاک ضعیف (j=۲)، حفاظت آب و خاک متوسط (j=۳) و حفاظت آب و خاک مطلوب (j=۴) در مقایسه با این راهبرد مورد بررسی قرار گرفتند.

جدول ۲ – وزن محاسبه شده از ماتریس مقایسه زوجی اقدامات حفاظت آب و خاک از نظرات کارشناسان

اقدامات حفاظت از منابع آب	وزن
روش‌های آبیاری نوین	۰ / ۰۹۵
راهبرد کم‌آبیاری	۰ / ۰۵۷
احداث استخر	۰ / ۰۱۹
پوشش انهار	۰ / ۰۲۰
تسطیح و یکپارچه‌سازی اراضی	۰ / ۰۱۳
انتقال آب از منبع به مزرعه با لوله	۰ / ۰۵۲
کشت محصولات با نیاز آبی پایین	۰ / ۱۳۴
تعیین تاریخ دقیق آبیاری	۰ / ۱۷۳
تعیین تاریخ دقیق کشت	۰ / ۰۴۶
اقدامات حفاظت از منابع خاک	**وزن**
خاک‌ورزی حفاظتی (بی‌خاک‌ورزی)	۰ /۰۶۲
خاک ورزی حفاظتی (کم‌خاک‌ورزی)	۰ / ۰۴۶
استفاده از کود حیوانی	۰
رعایت تناوب زراعی	۰ / ۰۱۹
حفظ بقایای گیاهی	۰ / ۱۳۳
آیش‌گذاری	۰ / ۰۴۰
CR^m	۰ / ۰۳۹
CR^g	۰ / ۰۷۰

ماخذ: یافته‌های پژوهش

اطلاعات فراهم‌آمده از ۳۱۱ پرسشنامه در ارتباط با ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی کشاورزان نمونه در جدول ۳ آمده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، ۱۴۸ نفر (۴۸ درصد) از کشاورزان نمونه با بالاترین فراوانی در گروه سنی ۴۵ تا شصت سال و پس از آن، ۳۶ درصد در گروه سنی ۲۴ تا ۴۵ سال قرار دارند و در نهایت، کمترین فراوانی نیز مربوط به گروه سنی بالاتر از شصت سال است که تنها شانزده درصد از کشاورزان نمونه را شامل می‌شود. همچنین،

سطح تحصیلات در بین کشاورزان نمونه به چهار دسته بی‌سواد، ابتدایی و سیکل، دیپلم و تحصیلات عالی تقسیم‌بندی شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، ۱۱۱ نفر با مدرک دیپلم (۳۶ درصد) بیشترین مقدار فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند. و بعد از آن، ۱۱۰ نفر (۳۵ درصد) تحصیلات ابتدایی و سیکل دارند؛ کمترین فراوانی نیز با ۴۱ نفر (سیزده درصد) متعلق به کشاورزانی است که فاقد سواد هستند. سابقه کار کشاورزی بهره‌برداران مورد مطالعه به سه گروه زیر پانزده سال، بین پانزده تا ۲۵ سال و ۲۵ سال به بالا تقسیم‌بندی شده است. بیشترین فراوانی از کل نمونه، با ۱۱۲ نفر (۳۶ درصد)، مربوط به گروهی است که بین پانزده تا ۲۵ سال سابقه فعالیت کشاورزی دارند. وضعیت تعداد قطعات زمین متعلق به بهره‌برداران نمونه نشان می‌دهد که بیشتر کشاورزان بهره‌بردار (۶۹ درصد) از یک قطعه زمین برخوردارند و تنها ۹۷ بهره‌بردار زمین‌های بیش از یک قطعه دارند. قطعات مزارع نمونه از یک تا هفت قطعه نوسان دارد، که نشان‌دهندهٔ پراکندگی نسبتاً کم زمین‌های کشاورزی است.

جدول ۳- ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی کشاورزان نمونه

	نوع	فراوانی	درصد
سن	۲۴-۴۵	۱۱۲	۳۶
	۴۵-۶۰	۱۴۸	۴۸
	بالاتر از ۶۰ سال	۵۱	۱۶
سطح تحصیلات	بی‌سواد	۴۱	۱۳
	ابتدایی و سیکل	۱۱۰	۳۵
	دیپلم	۱۱۱	۳۶
	تحصیلات عالی	۴۹	۱۶
سابقه کار	زیر ۱۵ سال	۹۱	۲۹
	۱۵ تا ۲۵ سال	۱۱۲	۳۶
	۲۵ سال به بالا	۱۰۸	۳۵
تعداد قطعات زمین	یک قطعه	۲۱۴	۶۹
	بیش از یک قطعه	۹۷	۳۱

ماخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۴ توزیع استفاده از راهبردهای حفاظت آب و خاک توسط کشاورزان نمونه را نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، در بین راهبردهای حفاظت آب و خاک توسط کشاورزان نمونه، راهبرد کشت محصولات با نیاز آبی پایین بالاترین فراوانی (تقریباً ۷۳ درصد) را به خود اختصاص داده و بیشترین سهم سایر اقدامات حفاظت آب و خاک مربوط به تعیین تاریخ دقیق کشت، استفاده از کود حیوانی و انتقال آب از منبع به مزرعه با لوله است؛ کمترین سهم نیز مربوط به تعیین تاریخ دقیق آبیاری و خاک‌ورزی حفاظتی (بی‌خاک‌ورزی) با ۴/۸ درصد است.

جدول ۴- توزیع استفاده از راهبردهای حفاظت آب و خاک توسط کشاورزان نمونه

اقدامات حفاظت از منابع آب و خاک	فراوانی	درصد
روش‌های آبیاری نوین	۱۳۸	۴۴/۴
راهبرد کم‌آبیاری	۴۲	۱۳/۵
احداث استخر	۸۴	۲۷
پوشش انهار	۱۰۸	۳۴/۷
تسطیح و یکپارچه‌سازی اراضی	۱۲۶	۴۰/۵
انتقال آب از منبع به مزرعه با لوله	۲۱۳	۶۸/۵
کشت محصولات با نیاز آبی پایین	۲۲۸	۷۳/۳
تعیین تاریخ دقیق آبیاری	۱۵	۴/۸
تعیین تاریخ دقیق کشت	۲۲۰	۷۰/۷
خاک‌ورزی حفاظتی (بی‌خاک‌ورزی)	۱۵	۴/۸
خاک ورزی حفاظتی (کم‌خاک‌ورزی)	۱۷۴	۵۵/۹
استفاده از کود حیوانی	۲۱۹	۷۰/۴
رعایت تناوب زراعی	۱۲۰	۳۸/۶
حفظ بقایای گیاهی	۱۰۲	۳۲/۸
آیش‌گذاری	۱۱۱	۳۵/۷

ماخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج برآورد مدل رگرسیون سویچینگ درون‌زای چندجمله‌ای برای بررسی اثر به‌کارگیری حفاظت آب و خاک بر عملکرد، مصرف آب و شکاف فقر کشاورزان (فقر روستایی) با استفاده از تجزیه‌وتحلیل جایگزین واقعیت، به‌ترتیب، در جدول‌های ۵ تا ۷ آمده است. بر اساس نتایج جدول ۵، اتخاذ راهبردهای حفاظت آب و خاک مطلوب، نسبت به دیگر راهبردها، دارای اثر خالص بیشتری بر کاهش فقر روستاییان است (۳۷ درصد)؛ همچنین، با اتخاذ دو راهبرد حفاظت آب و خاک ضعیف و حفاظت آب و خاک متوسط، به‌ترتیب، بیست و ۳۴ درصد شکاف فقر روستاییان به‌طور خالص کاهش می‌یابد. اثرات ناهمگنی غیرقابل مشاهده نیز نشان می‌دهد که در صورت عدم کنترل داده‌های جمع‌آوری‌شده، اثر راهبرد حفاظت آب و خاک ضعیف بر شکاف فقر روستاییان دارای اریب بیشتری است (برابر با ۹). نتایج مطالعهٔ حاضر با نتایج برخی از مطالعات پیشین (Becerril and Abdulai, 2010; Abdulai, 2016; Karidjo et al., 2018; Mekuriaw et al., 2018; Gizaw et al., 2019) مطابقت دارد.

جدول ۵- اثرات متوسط پذیرش راهبردهای حفاظت آب و خاک بر شکاف فقر با استفاده از تجزیه‌وتحلیل جایگزین واقعیت

حفاظت آب و خاک	نوع اثرات متوسط	مراحل تصمیم		
		پذیرش (درصد)	عدم پذیرش (درصد)	اثرات خالص (درصد)
حفاظت آب و خاک ضعیف				
	اثرات متوسط تیمار روی پذیرندگان (ATT)	۵۸	۷۸	-۲۰
	اثرات متوسط تیمار روی عدم پذیرش (ATU)	۵۳	۸۲	-۲۹
	اثرات ناهمگنی غیرقابل مشاهده (H)	۵	-۴	۹
حفاظت آب و خاک متوسط				
	اثرات متوسط تیمار روی پذیرندگان (ATT)	۴۳	۷۷	-۳۴
	اثرات متوسط تیمار روی عدم پذیرش (ATU)	۴۰	۸۰	-۴۰
	اثرات ناهمگنی غیرقابل مشاهده (H)	۳	-۳	۶
حفاظت آب و خاک مطلوب				
	اثرات متوسط تیمار روی پذیرندگان (ATT)	۴۲	۷۹	-۳۷
	اثرات متوسط تیمار روی عدم پذیرش (ATU)	۴۰	۸۱	-۴۱
	اثرات ناهمگنی غیرقابل مشاهده (H)	۲	-۲	۴

ماخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۶- اثرات متوسط پذیرش راهبردهای حفاظت آب و خاک بر عملکرد گندم با استفاده از تجزیه‌وتحلیل جایگزین واقعیت

حفاظت آب و خاک	نوع اثرات متوسط	مراحل تصمیم		
		پذیرش (تن در هکتار)	عدم پذیرش (تن در هکتار)	اثرات خالص (تن در هکتار)
حفاظت آب و خاک ضعیف				
	اثرات متوسط تیمار روی پذیرندگان (ATT)	۴/۵۰	۳/۴۵	۱/۰۵
	اثرات متوسط تیمار روی عدم پذیرش (ATU)	۴/۵۸	۳/۵۳	۱/۰۵
	اثرات ناهمگنی غیرقابل مشاهده (H)	-۰/۰۸	-۰/۰۸	۰
حفاظت آب و خاک متوسط				
	اثرات متوسط تیمار روی پذیرندگان (ATT)	۵/۴۵	۳/۴۰	۲/۰۵
	اثرات متوسط تیمار روی عدم پذیرش (ATU)	۵/۵۵	۳/۴۸	۲/۰۷
	اثرات ناهمگنی غیرقابل مشاهده (H)	-۰/۱۰	-۰/۰۸	- ۰/۰۲
حفاظت آب و خاک مطلوب				
	اثرات متوسط تیمار روی پذیرندگان (ATT)	۶/۱۸	۳/۶۲	۲/۵۶
	اثرات متوسط تیمار روی عدم پذیرش (ATU)	۶/۲۸	۳/۶۱	۲/۶۷
	اثرات ناهمگنی غیرقابل مشاهده (H)	-۰/۱۰	۰/۰۱	-۰/۱۱

ماخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۷- اثرات متوسط پذیرش اقدامات حفاظت آب و خاک بر مصرف آب محصول گندم با استفاده از تجزیه و وتحلیل جایگزین واقعیت

حفاظت آب و خاک	نوع اثرات متوسط	مراحل تصمیم		
		پذیرش (مترمکعب)	عدم پذیرش (مترمکعب)	اثرات خالص (مترمکعب)
حفاظت آب و خاک ضعیف				
	اثرات متوسط تیمار روی پذیرندگان (ATT)	۹۶۰۰	۱۱۰۴۱	-۱۴۴۱
	اثرات متوسط تیمار روی عدم پذیرش (ATU)	۹۵۰۰	۱۱۸۷۲	-۲۳۷۲
	اثرات ناهمگنی غیرقابل مشاهده (H)	۱۰۰	-۸۳۱	۹۳۱
حفاظت آب و خاک متوسط				
	اثرات متوسط تیمار روی پذیرندگان (ATT)	۸۳۲۰	۱۰۰۲۲	-۱۷۰۲
	اثرات متوسط تیمار روی عدم پذیرش (ATU)	۸۳۲۰	۱۰۶۵۹	-۲۳۳۹
	اثرات ناهمگنی غیرقابل مشاهده (H)	۰	-۶۳۷	۶۳۷
حفاظت آب و خاک مطلوب				
	اثرات متوسط تیمار روی پذیرندگان (ATT)	۶۶۰۰	۹۹۴۱	-۳۳۴۱
	اثرات متوسط تیمار روی عدم پذیرش (ATU)	۶۵۰۰	۹۸۷۲	-۳۳۷۲
	اثرات ناهمگنی غیرقابل مشاهده (H)	۱۰۰	۶۹	۳۱

ماخذ: یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج جدول ۶ نیز اتخاذ راهبرد حفاظت آب و خاک مطلوب، نسبت به دیگر راهبردها، دارای اثر خالص بیشتری بر عملکرد محصول است (برابر با ۲/۵۶). همچنین، عملکرد محصول با اتخاذ دو راهبرد حفاظت آب و خاک ضعیف و متوسط، به‌ترتیب، ۱/۰۵ و ۲/۰۵ به‌طور خالص افزایش می‌یابد. بنابراین، اتکا بر راهبرد حفاظت آب و خاک مطلوب به‌میزان بیشتری عملکرد محصول را افزایش می‌دهد. اثرات ناهمگنی غیرقابل مشاهده نیز نشان می‌دهد که در صورت عدم کنترل داده‌های جمع‌آوری‌شده، اثر راهبرد حفاظت آب و خاک مطلوب بر عملکرد محصول، نسبت به دیگر راهبردها، دارای اریب بیشتری است (برابر با ۰/۱۱). این بخش از نتایج مطالعهٔ حاضر با نتایج برخی از مطالعات پیشین (Jara-Rojas et al., 2013; Abdulai and Huffman, 2014; Abdulai, 2016; Di Falco and Veronesi, 2018; Darkwah et al., 2019) مطابقت دارد.

همان‌گونه که جدول ۷ نشان می‌دهد، اتخاذ راهبرد حفاظت آب و خاک مطلوب دارای اثر خالص بیشتری بر مصرف آب (برابر با کاهش مصرف ۳۳۴۱ مترمکعب) نسبت به دیگر راهبردهاست. همچنین، مصرف آب با اتخاذ دو راهبرد حفاظت آب و خاک در سطوح ضعیف و متوسط، به‌ترتیب، ۱۴۴۱ و ۱۷۰۲ مترمکعب به‌طور خالص کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج اثرات متوسط عدم پذیرش، در صورتی که کشاورزان دارای راهبرد پایه کشت متداول باشند، با عدم پذیرش سه راهبرد حفاظت آب و خاک در سطوح ضعیف، متوسط و مطلوب، به‌ترتیب، مصرف آب ده، هفده و ۲۴ درصد کاهش می‌یابد. اثرات ناهمگنی غیرقابل مشاهده نیز نشان می‌دهد که در صورت عدم کنترل داده‌های جمع‌آوری‌شده، اثر راهبرد حفاظت آب و خاک در سطح ضعیف بر مصرف آب، نسبت به دیگر راهبردها، دارای اریب بیشتری (برابر با ۹۳۱) است. نتایج این بخش از مطالعهٔ حاضر نیز با نتایج برخی از مطالعات پیشین (Jara-Rojas et al., 2013; Kleemann et al., 2014; Melaku et al., 2018; Jiang et al., 2019; Zhao; Yang et al., 2019) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

رشد روزافزون جمعیت و افزایش نیاز به منابع طبیعی موجب شده است که طی دهه‌های اخیر، بهره‌وری آب و کاهش فرسایش خاک و نیز توسعه کشاورزی پایدار ضرورت یابد. راهکارهایی برای جلوگیری و کاهش فرسایش و تخریب خاک و هدررفت آب در راستای حفاظت از آب و خاک پیشنهاد شده است. با توجه به نقش مهم کشاورزان در ارتباط با بهره‌وری آب و کنترل فرسایش خاک و حفاظت از منابع، بررسی تأثیر فناوری‌های حفاظت آب و خاک بر عملکرد محصول، مصرف آب و فقر خانوارهای روستایی بسیار اهمیت دارد، که مطالعهٔ حاضر بدان پرداخته است.

در مطالعهٔ حاضر، تأثیر فناوری‌های حفاظت آب و خاک با استفاده از اطلاعات مربوط به ۳۱۱ کشاورز در حوزه آبریز مند و با به‌کارگیری مدل رگرسیون سؤیچینگ درون‌زا بررسی شده است. برای بررسی اثرات خالص به‌کارگیری فعالیت‌های حفاظت آب و خاک بر عملکرد، مصرف آب و شکاف فقر کشاورزان، از تجزیه‌وتحلیل جایگزین واقعیت استفاده شده که از آن میان، اتخاذ راهبرد حفاظت آب و خاک مطلوب نسبت به دیگر راهبردها دارای اثر خالص بیشتری بر مصرف آب (برابر با کاهش مصرف ۳۳۴۱ متر مکعب) ارزیابی شده است؛ به دیگر سخن، در هر هکتار کشت گندم، با به‌کارگیری فعالیت‌های حفاظت آب و خاک مطلوب به‌جای کشت متداول ۳۳۴۱ متر مکعب آب صرفه‌جویی خواهد شد، که معادل سه نوبت آبیاری است. بنابراین، ترویج هرچه بیشتر این فناوری توصیه می‌شود. همچنین، شکاف فقر خانوار روستایی، با به‌کارگیری روش‌های حفاظت آب و خاک، چنانچه به‌صورت مطلوب اعمال شود، ۳۷ درصد به‌طور خالص کاهش می‌یابد. نتایج به‌دست‌آمده از مطالعهٔ حاضر در زمینهٔ تأثیر این متغیر با نتایج مطالعه عبدولای (Abdulai, 2016) مطابقت دارد. بر اساس نتایج مطالعهٔ حاضر و بررسی تأثیر فعالیت‌های حفاظت منابع آب و خاک، می‌توان پیشنهادهایی را به‌شرح زیر ارائه کرد:

۱- میزان دسترسی به اعتبارات و تسهیلات بانکی بر پذیرش فعالیت‌های حفاظت از منابع آب و خاک مؤثر است؛ بنابراین، لازم است که اعتبارات بیشتری بدین منظور تخصیص یابد.

۲- اندازه مزرعه اثر مثبت و معنی‌دار بر پذیرش فعالیت‌های حفاظتی دارد. از آنجا که قانون ارث به کوچک‌تر شدن مزارع می‌انجامد، لازم است که به‌گونه‌ای از کوچک شدن مزارع جلوگیری شود.

۳- با توجه به اینکه متغیر شرکت در فعالیت‌های ترویجی رابطه مثبت با به‌کارگیری عملیات حفاظت آب و خاک از سوی کشاورزان دارد، شایسته است که مسئولان، به‌صورت مستمر و مکرر، فعالیت‌های آموزشی- ترویجی در زمینه عملیات حفاظت آب و خاک را برگزار کنند و به ترغیب کشاورزان برای دیدن مزارع نمونه و دیدار با کشاورزان پیشرو و همچنین، شرکت در کلاس‌های ترویجی همراه با مشاهده مزارع نمایشی بپردازند.

۴- دسترسی به اطلاعات اثر مثبت و معنی‌دار بر به‌کارگیری فعالیت‌های منابع آب و خاک دارد؛ بنابراین، تولید برنامه‌های رادیویی و تلویزیونی در زمینه عملیات حفاظت آب و خاک و نیز تألیف مجلات و نشریات مفید در این زمینه و تسهیل دسترسی کشاورزان بدین منابع آموزنده ضروری می‌نماید.

منابع

1. Abdulai, A. (2016). Impact of conservation agriculture technology on household welfare in Zambia. *Agricultural Economics*, 47(6): 729-741.
2. Abdulai, A. and Huffman, W. (2014). The adoption and impact of soil and water conservation technology: an endogenous switching regression application. *Land Economics*, 90(1): 26-43.
3. Abdulai, A. and Huffman, W.E. (2005). The diffusion of new agricultural technologies: the case of crossbred-cow technology in Tanzania. *American Journal of Agricultural Economics*, 87(3): 645-659.
4. Asfaw, S., Shiferaw, B., Simtowe, F. and Lipper, L. (2012). Impact of modern agricultural technologies on smallholder welfare: evidence from Tanzania and Ethiopia. *Food Policy*, 37(3): 283-295.

5. Becerril, J. and Abdulai, A. (2010). The impact of improved maize varieties on poverty in Mexico: a propensity score-matching approach. *World Development*, 38(7): 1024-1035.
6. Blackstock, K. L., Ingram, J. and Slee, B. (2010). Understanding and influencing behaviour change by farmers to improve water quality. *Science of the Total Environment*, 408(23): 5631-5638.
7. Bourguignon, F., Fournier, M. and Gurgand, M. (2007). Selection bias corrections based on the multinomial logit model: Monte Carlo comparisons. *Journal of Economic Surveys*, 21(1): 174-205.
8. Carter, M. and Steed, G. (1992). The effects of direct drilling and stubble retention on hydraulic properties at the surface of duplex soils in north-eastern Victoria. *Soil Research*, 30(4): 505-516.
9. Cary, J. (2008). Influencing attitudes and changing consumers' household water consumption behaviour. *Water Science and Technology: Water Supply*, 8(3): 325-330.
10. Corbeels, M., Graaff, J. de, Hycenth Ndah, T., Penot, E., Baudron, F., Naudin, K., Andrieu, N., Chirat, G., Schuler, J., Nyagumbo, I., Rusinamhodzi, L., Traore, K., Dulla Mzoba, H. and Solomon Adolwa, I. (2014). Understanding the impact and adoption of conservation agriculture in Africa: a multi-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 187: 155-170.
11. Danso-Abbeam, G. and Baiyegunhi, L.J. (2018). Welfare impact of pesticides management practices among smallholder cocoa farmers in Ghana. *Technology in Society*, 54: 10-19.
12. Darkwah, K.A., Kwawu, J.D., Agyire-Tettey, F. and Sarpong, D.B. (2019). Assessment of the determinants that influence the adoption of sustainable soil and water conservation practices in Techiman Municipality of Ghana. *International Soil and Water Conservation Research*, 7: 248-257.
13. De la Fuente, A., Murr, A. and Rascón, E. (2015). Mapping subnational poverty in Zambia. Washington, DC: The World Bank.
14. Dercon, S., Gilligan, D.O., Hoddinott, J. and Woldehanna, T. (2009). The impact of agricultural extension and roads on poverty and consumption growth in fifteen Ethiopian villages. *American Journal of Agricultural Economics*, 91(4): 1007-1021. Available at http://www.jstor.org/stable/20616257.
15. Di Falco, S. and Veronesi, M. (2018). Managing environmental risk in presence of climate change: the role of adaptation in the Nile Basin of

Ethiopia. In: Lipper, L., McCarthy, N., Zilberman, D., Asfaw, S. and Branca, G. (Eds) Climate Smart Agriculture: Natural Resource Management and Policy, vol. 52. Springer, Cham, pp. 497-526. DOI: 10.1007/978-3-319-61194-5_21.

16. Dolnicar, S. and Hurlimann, A. (2010). Australians' water conservation behaviours and attitudes. *Australasian Journal of Water Resources*, 14(1): 43-53.
17. Engler, A., Jara-Rojas, R. and Bopp, C. (2016). Efficient use of water resources in vineyards: a recursive joint estimation for the adoption of irrigation technology and scheduling. *Water Resources Management*, 30(14): 5369-5383.
18. FAOSTAT (2016). Soil and water protection technologies as an option to create food security. The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT). Available at http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx.
19. Foster, J., Greer, J. and Thorbecke, E. (1984). A class of decomposable poverty measures. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 52(3): 761-766. DOI: 10.2307/1913475.
20. Gilg, A. and Barr, S. (2006). Behavioural attitudes towards water saving? Evidence from a study of environmental actions. *Ecological Economics*, 57(3): 400-414.
21. Gizaw, T., Kalkidan F., Yalemtsehay, D. and Leta, H. (2019). Evaluating technical standards of implemented soil and water conservation technologies in Jimma zone, south-western Ethiopia. *Agricultural Research and Technology: Open Access Journal*, 19(4): 556100. DOI: 10.19080/ARTOAJ.2019.19.556100.
22. Govaerts, B., Verhulst, N., Castellanos-Navarrete, A., Sayre, K.D., Dixon, J. and Dendooven, L. (2009). Conservation agriculture and soil carbon sequestration: between myth and farmer reality. *Critical Reviews in Plant Science*, 28(3): 97-122.
23. Heckman, J., Tobias, J.L. and Vytlacil, E. (2001). Four parameters of interest in the evaluation of social programs. *Southern Economic Journal*, 68(2): 21--223.
24. Jara-Rojas, R., Bravo-Ureta, B.E. and José Díaz, A.E. (2013). An analysis of the joint adoption of water conservation and soil conservation in Central Chile. *Land Use Policy*, 32: 292-301.
25. Jiang, C., Zhang, H., Wang, X., Feng, Y. and Labzovskii, L. (2019). Challenging the land degradation in China's Loess Plateau: benefits,

limitations, sustainability, and adaptive strategies of soil and water conservation. *Ecological Engineering*, 127: 135-150.

26. Jones, N., Evangelinos, K., Gaganis, P. and Polyzou, E. (2011). Citizens' perceptions on water conservation policies and the role of social capital. *Water Resources Management*, 25(2): 509-522.
27. Jorgensen, B., McLean Graymore, M.L. and O'Toole, K. (2009). Household water use behavior: an integrated model. *Journal of Environmental Management*, 91(1): 227-236.
28. Karidjo, B.Y., Wang, Z., Boubacar, Y. and Wei, C. (2018). Factors influencing farmers' adoption of Soil and Water Control Technology (SWCT) in Keita Valley, a semi-arid area of Niger. *Sustainability*, 10(2): 288. DOI: 10.3390/su10020288.
29. Kassie, M., Teklewold, M., Jaleta, M., Erenstein, O. et al. (2015). Understanding the adoption of a portfolio of sustainable intensification practices in eastern and southern Africa. *Land Use Policy*, 42: 400-411.
30. Khonje, M., Manda, J., Alene, A.D. and Kassie, M. (2015). Analysis of adoption and impacts of improved maize varieties in eastern Zambia. *World Development*, 66: 695-706.
31. Kleemann, L., Abdulai, A. and Buss, M. (2014). Certification and access to export markets: adoption and return on investment of organic-certified pineapple farming in Ghana. *World Development*, 6(4): 79-92.
32. Kpadonou R.A.B., Owiyob, T., Barbierc, B., Dentona, F., Rutabingwaa, F. and Kiema, A. (2017). Advancing climate-smart-agriculture in developing drylands: joint analysis of the adoption of multiple on-farm soil and water conservation technologies in West African Sahel. Land Use *Policy*, 61: 196-207.
33. Lal, R. and Follett, R.F. (2009). Soil carbon sequestration and the greenhouse effect. ASA-CSSA-SSSA.
34. Logan, T.J. (1993). Agricultural best management practices for water pollution control: current issues. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 46(1-4): 223-231.
35. Lokshin, M. and Sajaia, Z. (2004). Maximum likelihood estimation of endogenous switching regression models. *The Stata Journal*, 4(3): 282-289.
36. Luzi, S., Hamouda, M.A., Sigrist, F. and Tauchnitz, E. (2008). Water policy networks in Egypt and Ethiopia. *The Journal of Environment and Development*, 17(3): 238-268.

37. Mekuriaw, A., Heinimann, A. and HansHurni, G. (2018). Factors influencing the adoption of physical soil and water conservation practices in the Ethiopian highlands. *International Soil and Water Conservation Research*, 6(1): 23-30.
38. Melaku, N.D., Renschlera, C.S., Flaglerb, J. and Bayud, W. (2018). Integrated impact assessment of soil and water conservation structures on runoff and sediment yield through measurements and modeling in the Northern Ethiopian highlands. *Catena*, 169: 140-150.
39. Minot, N. and Dewina, R. (2015). Are we overestimating the negative impact of higher food prices? Evidence from Ghana. *Agricultural Economics*, 46(4): 579-593.
40. Nael, M., Khademi, H. and Hajabbasi, M.A. (2004). Response of soil quality indicators and their spatial variability to land degradation in central Iran. *Applied Soil Ecology*, 27(3): 221-232.
41. Nkala, P., Mango, N. and Zikhali, P. (2011). Conservation agriculture and livelihoods of smallholder farmers in Central Mozambique. *Journal of Sustainable Agricul*ture, 35(7): 757-779.
42. Owens, L., Malone, R.W., Hothem, D.L and Starr, G.C.. (2002). Sediment carbon concentration and transport from small watersheds under various conservation tillage practices. *Soil and Tillage Research*, 67(1): 65-73.
43. Pannell, D.J., Malcolm, B. and Kingwell, R.S. (2000). Are we risking too much? Perspectives on risk in farm modeling. *Agricultural Economics*, 23(1): 69-78.
44. Pearce, M., Willis, E. and Jenkin, T. (2007). Aboriginal people's attitudes towards paying for water in a water-scarce region of Australia. *Environment, Development and Sustainability*, 9(1): 21-32.
45. Pirie, R.L., Loe, R.C. and Kreutzwiser R. (2004). Drought planning and water allocation: an assessment of local capacity in Minnesota. *Journal of Environmental Management*, 73(1): 25-38.
46. Pisante, M. (2002). Conservative agronomic techniques for the reduction of soil degradation processes. Proceedings of the National Conference on Desertification: the New Emergency of the Mediterranean Basin, Calania Caltagirone-Palermo, 22-25 May 2001, pp. 3-9. (Italian)
47. Sabatier, P. A., Focht, W., Lubell, M., Trachtenberg, Z., Vedlitz, A. and Matlock, M. (2005). Swimming upstream: collaborative approaches to watershed management. MIT Press.

48. Shiferaw, B. and Holden, S.T. (1998). Resource degradation and adoption of land conservation technologies in the Ethiopian highlands: a case study in Andit Tid, North Shewa. *Agricultural Economics*, 18(3): 233-247.
49. Thierfelder, C. and Wall, P.C. (2010). Investigating Conservation Agriculture (CA) systems in Zambia and Zimbabwe to mitigate future effects of climate change. *Journal of Crop Improvement*, 24(2): 113-121.
50. Wagstaff, P. and Harty, M. (2010). The impact of conservation agriculture on food security in three low veldt districts of Zimbabwe. *Trocaire Development Review*, 67-84. Available at https://www.trocaire.org/sites/default/files/resources/policy/2010-conservation-agriculture-zimbabwe.pdf.
51. Wildemeersch, J., ???????????????? (2013). Water and soil conservation for food security in Niger and its constraints for adoption. EGU General Assembly 2013, European Geosciences Union (EGU).
52. Wright, A. and Hons, F.M. (2004). Soil aggregation and carbon and nitrogen storage under soybean cropping sequences. *Soil Science Society of America Journal*, 68(2): 507-513.
53. Zeng, D., Alwang, J., Norton, G.w., Shiferaw, B., Jaleta, M. and Yirga, C. (2015). Ex post impacts of improved maize varieties on poverty in rural Ethiopia. *Agricultural Economics*, 46(4): 515-526.
54. Zhao, J., Yang, Z. and Govers, G. (2019). Soil and water conservation measures reduce soil and water losses in China but not down to background levels: evidence from erosion plot data. *Geoderma*, 337: 729-741.